

Н. В. Сырчина, А. В. Сазанов, В. В. Григорьев

Вятский государственный университет

Экологические аспекты использования торфогеля

в сельском хозяйстве

В последнее время увеличивается интерес к использованию гуминовых препаратов в растениеводстве. Считается, что применение этих препараты целесообразно, эффективно и безопасно. Целью исследования стало изучение влияния торфогеля (источник фульвокислот) на подвижность тяжелых металлов в почвенных системах для прогнозирования возможных экологических последствий. Установлено, что под влиянием торфогеля существенно увеличивается подвижность Zn, Fe, Ni, Cu, уменьшается подвижность Cd, подвижность Pb изменяется незначительно. Полученные данные свидетельствует о необходимости проведения дальнейшие систематические исследования в направлении оценки экологических последствий от широкого внедрения гуминовых препаратов в практику растениеводства.

Ключевые слова: гуминовые препараты в сельском хозяйстве, торфогель, фульвокислоты, подвижность тяжелых металлов.

Устойчивое развитие современного сельскохозяйственного производства базируется на принципах адаптивной интенсификации, которые предполагают широкое внедрение в практику земледелия экологически обоснованных технологий [8]. Такие технологии ориентированы на реализацию идей органического земледелия, согласно которым обеспечение условий для развития и питания растений не должно наносить ущерба окружающей среде [10]. Реализация экологического подхода к практическому земледелию требует внедрения новой системы удобрений, снижающей химическую нагрузку на почвы. Большой интерес в этом отношении представляют удобрения на основе гуминовых веществ (ГВ). Использование ГВ в практике земледелия позволяет сократить дозы вносимых в почву минеральных удобрений, повысить

урожайность и качество выращиваемой продукции, улучшить экологическое состояние почв [11, 3].

Для получения ГВ применяются различные виды природного сырья и различные технологии. Как способ получения, так и сырье оказывают существенное влияние на состав и свойства получаемых гуминовых препаратов [3]. Хорошим источником ГВ является торф. Современные технологии позволяют не просто выделять ГВ из торфа, но и «активировать» этот материал, переводя органические и минеральные компоненты в доступную для растений форму. Одной из таких технологий является технология кавитационной обработки торфа, позволяющая существенно повысить содержание водорастворимых гуминовых веществ в исходном материале [4, 3]. Кавитационное диспергирование приводит к направленным изменениям структуры, химического состава и свойств торфа. За счет изменения режима кавитационного воздействия и включения в обрабатываемый материал различных химических реагентов (щелочи, пероксида водорода, минеральных кислот и др.) можно получить широкий спектр продуктов, обладающих различными свойствами и биологической активностью (гуматы натрия, калия, аммония, оксигуматы, нитрогуматы, сульфогуматы, углегуматы, гидрогуматы, фульфоокислоты и др.).

Гуминовые вещества, получаемые в результате реагентной или безреагентной кавитационной обработки торфа, оказывают выраженное воздействие не только на процессы роста и развития растений, но и на экологическое состояние почвенных систем [5]. Под влиянием препаратов ГВ может происходить как увеличение подвижности и биодоступности микроэлементов, необходимых для нормального развития растений [1, 10, 7], так и связывание тяжелых металлов (ТМ) и, соответственно, микроэлементов в недоступную для растений форму [5]. Направление воздействия гуминовых препаратов на состояние ТМ в почвах зависит от того, какие ГВ содержатся в соответствующих препаратах. ГВ, образующие с катионами ТМ хорошо

растворимые комплексы, приводят к повышению подвижности ТМ в почвах, аГВ, связывающие ТМ в нерастворимые (или мало растворимые) соединения, снижают содержание ТМ в почвенных растворах.

Хорошая растворимость характерна для большинства комплексов фульвокислот (или надмолекулярных структур, близких к фульвокислотам) с катионами различных металлов. В отличие от фульвокислот, гуминовые кислоты образуют растворимые соединения только с катионами Na^+ , K^+ , NH_4^+ . Замещение указанных катионов на катионы кальция, магния и других металлов приводит к выделению соответствующих комплексов в осадок. Таким образом, препараты фульвокислот способствуют повышению миграционной способности и биодоступности ТМ, а препараты гуминовых кислот снижению [6]. Сложный и неоднородный состав гуминовых препаратов обуславливает возникновение конкурирующих процессов мобилизации и иммобилизации ТМ в почвах. Существенное изменение природного баланса ГВ в почвенных и водных системах может привести к нарушению сложившегося равновесия и вызвать нежелательные экологические последствия.

В настоящее время доминируют представления о том, что использование гуминовых препаратов в земледелии целесообразно и совершенно безопасно. Оценке экологических последствий от внедрения этих препаратов в практику отводится второстепенная роль. Вместе с тем мнение об отсутствии негативных экологических последствий от использования искусственно полученных препаратов ГВ в земледелии требует детального экспериментального обоснования, поскольку органические компоненты гумуса играют важную роль в процессах миграции и фиксации ионов ТМ [9].

Цель исследования: изучить влияние торфогеля на подвижность тяжелых металлов в почвенных системах для прогнозирования возможных экологических последствий от использования этого агропрепарата в растениеводстве.

Торфогель представляет собой продукт, получаемый методом кавитационной обработки торфа. За счет кавитационного воздействия происходит глубокое физикохимическое преобразование исходного материала, приводящее к накоплению в нем гуминовых веществ типа фульвокислот.

Общее содержание ГВ в используемом для выполнения эксперимента торфогелесоставляло 50 г/дм³, влажность – 83,7%, т.е. общая масса ГВ достигала 30% от массы сухого вещества. ГВ торфогеля в основном представлены фульвокислотами.

Эксперимент проводился в лабораторных условиях. Для выполнения исследований использовались 2 различные по химическому и гранулометрическому составу образца агрозема. Образцы агрозема отбирались с глубины от 5 до 15 см, освобождались от крупных растительных остатков, просеивались через сито с ячейками 2х2 мм и высушивались до воздушно сухого состояния. Данные о химическом составе образцов агрозема и торфогеля представлены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав образцов агрозема и торфогеля

Объект	Гранулометрический состав	Показатели			
		рН сол	Органическое вещество, %	Фосфор общий (P ₂ O ₅), мг/кг	Нитраты, мг/кг
Образец 1	Средний суглинок	6,29	7,6±0,2	1305,0±456,7	119,3±8,9
Образец 2	Легкий суглинок	4,52	3,6±0,1	21860,0±7651,0	29,6±2,2
Торфогель	–	7,54	14,0±2,5 (при влажности 83,7%)	275,0±96,2	8,0±0,4

Торфогель вносился в количестве 1% от массы агрозема. Перемешивание компонентов осуществлялось с помощью ротационного смесителя. Подготовленные образцы массой 2 кг помещались в контейнеры и увлажнялись дистиллированной водой. В ходе эксперимента контейнеры выдерживались в

открытом состоянии при температуре $24\pm 1^\circ\text{C}$ и влажности воздуха 32%. По мере подсыхания образцы в контейнерах увлажнялись дистиллированной водой с помощью пульверизатора и разрыхлялись (для равномерного увлажнения и аэрации). В каждый контейнер добавлялось одинаковое количество воды. Отбор проб для определения ТМ проводился через 5 дней после начала эксперимента.

Содержание ТМ в образцах определялось методом атомно-абсорбционной спектрометрии с помощью спектрофотометра ААС «СПЕКТР-5-4» в соответствии с ФР.1.31.2012.13573. Содержание фосфора определялось согласно ГОСТ Р 54650-2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО. Содержание ГВ в торфогеле определялось по ГОСТ 9517–94 Топливо твердое. Методы определения выхода гуминовых кислот.

В таблице 2 представлены данные, характеризующие изменение содержания подвижных форм ТМ в агроземес добавкой торфогеля.

Таблица 2

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в агроземес

Объект		Содержание ТМ, мг/кг сухого вещества					
		Zn	Fe	Cu	Cd	Pb	Ni
Образец 1	Без торфогеля	$3,30\pm 1,09$	$1,88\pm 0,47$	$0,09\pm 0,02$	$0,09\pm 0,0$ 2	$2,01\pm 0,4$ 2	$2,8\pm 0,6$
	С торфогелем	$13,20\pm 4,36$	$4,43\pm 1,17$	$0,91\pm 0,20$	$0,04\pm 0,0$ 1	$1,07\pm 0,2$ 3	$3,46\pm 0,73$
Образец 2	Без торфогеля	$0,32\pm 0,14$	$7,43\pm 1,86$	$0,28\pm 0,08$	$0,30\pm 0,0$ 9	$0,57\pm 0,1$ 4	$0,52\pm 0,13$
	С торфогелем	$2,29\pm 0,75$	$96,5\pm 24,1$	$0,30\pm 0,08$	$0,08\pm 0,0$ 2	$0,82\pm 0,2$ 1	$24,38\pm 5,1$ 2
Торфогель	Валовое содержание	$36,38\pm 12,0$ 0	6399 ± 160 0	$18,00\pm 4,1$ 4	$0,04\pm 0,0$ 1	$16,7\pm 3,5$	$40,62\pm 8,5$ 3

Представленные в таблице 2 данные свидетельствуют о том, что уже через 5 дней после внесения торфогеля содержание подвижных форм ТМ в агроземе существенно изменяется: значительно увеличивается подвижность Zn, Fe, Ni, Cu и уменьшается подвижность Cd.

Zn, Fe, Ni, Cu можно отнести к микроэлементам, которые в той или иной мере необходимы для нормально развития растений. Увеличение доступных для растений форм микроэлементов способствует улучшению минерального питания растений. Вместе с тем, подвижность Cd под воздействием торфогеля уменьшается, что имеет большое экологическое значение, поскольку загрязнение земель сельскохозяйственного назначения этим металлом представляет серьезную проблему. Подвижность катионов свинца под влиянием торфогеля в первом образце уменьшилось, а во втором (с учетом неопределенности измерений) незначительно возросла, т.е. добавка в почву торфогеля не приводит к существенному изменению состояния этого металла в почвенных системах.

В таблице 3 представлены данные о влиянии торфогеля на валовое (определяемых по ФР.1.31.2012.13573) содержание ТМ в агроземах.

Таблица 3

Валовое содержание тяжелых металлов в агроземе

Объект		Содержание ТМ, мг/кг сухого вещества					
		Zn	Fe	Cu	Cd	Pb	Ni
Обра зец 1	Без торфогеля	11,3±3,7	407±78	3,22±0,7 4	0,12±0,0 3	2,04±0,42	4,96±1,04
	С торфогелем	62,8±20, 7	9196±2229	10,9±2,5	0,09±0,0 3	15,15±3,1 8	70,75±19,81
Обра зец 2	Без торфогеля	14,3±4,7	2395±790	1,46±0,3 4	0,06±0,0 2	3,50±0,74	11,59±2,43
	С торфогелем	69,1±22, 8	32201±805 0	4,5±1,1	0,09±0,0 3	25,29±5,3 1	147,07±41,1 8

Согласно полученным данным, ГВ, вносимые в агрозем с торфогелем, приводят к увеличению валового (точнее, извлекаемого горячей азотной кислотой) содержания всех ТМ, кроме Cd. Переход ТМ в более подвижную (определяемую) форму, свидетельствует о глубокой трансформации сложившейся почвенной матрицы. Особенно сильно изменяется подвижность железа. Можно предположить, что это связано с выраженной способностью Fe(III) образовывать прочные комплексы с ГВ, в том числе фульвокислотами [2].

Выводы: Внесение торфогеля в почву приводит к существенному изменению подвижности большинства катионов: подвижность катионов Zn, Fe, Ni, Cu увеличивается, подвижность Cd уменьшается, подвижность Pb изменяется незначительно, то есть под влиянием торфогеля происходит повышение биодоступности необходимых растениям микроэлементов и снижение биодоступности таких токсикантов, как Cd.

Выявленное резкое изменение состояния катионов ТМ в почвенной матрице свидетельствует о том, что необходимы дальнейшие систематические исследования в направлении оценки экологических последствий от широкого внедрения гуминовых препаратов в практику растениеводства.

Торфогель способствует переходу катионов ТМ в определяемую обычными аналитическими методами форму. Поскольку проблема наиболее полного выделения ТМ из почвенной матрицы имеет важное аналитическое значение, исследования в этом направлении могут представлять серьезный практический интерес.

Список литературы

1. Демин В. В. Вероятный механизм действия гуминовых веществ на живые клетки / В. В. Демин и др. // IV съезд Докучаевского общества почвоведов, Новосибирск, 9-13 августа 2004 г.: сб. науч. тр. – Новосибирск: Изд-во Наука-центр, 2004. С. 494.

2. *Дину М. И.* Взаимодействие ионов металлов в водах с гумусовыми веществами глееподзолистых почв // ГЕОХИМИЯ. – 2015. – № 3. С. 276–288.
3. *Денисюк Е. А., Кузнецова И. А., Митрофанов Р. А.* Технологии получения гуминовых веществ // Вестник НГИЭИ. 2014. №2 (33). С. 66–80.
4. *Ефанов М. В., Черненко П. П., Галочкин А. И., Миронов А. А.,* Химический состав оксигуминовых препаратов на основе торфа // Современные наукоемкие технологии. – 2008. – № 5 – С. 65-69.
5. *Жолобова И. С., Пономарева Л. О.* Влияние биогуматов на почвенную биоту // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – №114 – С. 975-984.
6. *Кощеева И. Я., О. А. Тютюнник, Д. Н. Чхетия, Л. В. Кригман, И. В. Кубракова* (2012), Роль природных органических веществ в транспорте платины и палладия органоминеральными коллоидами. Вестник ОНЗ РАН, 4, NZ9001, doi:10.2205/2012NZ_ASEMPG.
7. *Маркина Е. О., Григорьев В. В., Сырчина Н. В.* Влияние различных добавок на подвижность тяжелых металлов в почвах // Экология родного края: проблемы и пути решения Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2016. С. 87-90.
8. *Никитина З. В.* Экологизация сельскохозяйственного производства как фактор его устойчивого развития // АБУ. 2008. №9. С.93–95.
9. *Орлов Д. С.* Гуминовые вещества в биосфере / Д.С. Орлов // Сорский образовательный журнал. — 1997. -№2. С. 56–63.
10. *Судмантас О. В.* Разработка приемов применения удобрения "ГУМАТ "Плодородие" в технологии выращивания овощных культур в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России: дис...канд. с-х наук: 06.01.04 / О. В. Судмантас – Кострома, 2009. С 177.
11. *Свиридов А. В., Акаев О. П.* Получение из торфа жидкого комплексного нитрогуминового удобрения // Вестник КГУ им. Н. А. Некрасова. 2014.